

**厚生省科学研究費補助金
長寿科学総合研究事業**

平成10年研究報告書

**移乗・移動支援システム
(H10-長寿-103)**

研究代表者 土肥 健純

東京大学大学院工学系研究科 教授

1999年4月9日

厚生省科学研究費補助金総括研究報告書

移乗・移動支援システム

土肥 健純（東京大学工学系研究科教授）

本研究では高齢者の自立生活における最重要課題である移動・移乗について、屋内外で幾つかの具体的な場面において自立を促進するための支援機器として(1)移動介助用ロボットアーム、(2)段差昇降電動車いす、(3)移乗・移動自立支援装置、(4)高齢者用超軽量携帯用手押し車いすを取り上げ、これらについて実用化を目指した研究を行った。

〔研究組織〕

- 土肥健純（東京大学工学部教授）
- 原 徹也（東京都リハビリテーション病院院長）
- 数藤康雄（国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所部長）
- 田中 理（横浜市総合リハビリテーションセンター企画室室長）

A. 研究目的

高齢者の自立意欲が強いにもかかわらず要介護の状況に置かれている日常生活活動として「移動・移乗」「排泄」「入浴」が挙げられる。中でも移動や移乗は他の動作の基礎であるために、その自立は排泄や入浴における問題解決につながり、極めて重要度が高い。そのため屋内や屋外の移動、また排泄や入浴における移乗動作の支援は大きな意義を持つ。現状では様々な支援機器・用具が市販されているが、操作性や価格、寸法、重量や使用環境条件などから適用出来る局面が限られている。特に高齢者の自立支援に関し

ては、加齢とともに低下していく身体機能や、日本家屋の居住環境を考慮して開発された機器が少なく介護者に依存しなくては移動出来ない場合がある。従って高齢者の移動・移乗を支援する福祉機器の開発が強く望まれている。

そこで本研究では、日常生活における重要課題である移動・移乗について高齢者の自立支援を目指した機器開発を目的としている。

B. 研究方法

本研究では屋内外における高齢者の移動と移乗の支援を目的とし、個々の場面設定に基づいた具体的なテーマとして(1)移動介助用ロボットアーム、(2)段差昇降電動車いす、(3)移乗・移動自立支援装置、(4)高齢者用超軽量携帯用手押し車いすを取り上げ、これらについて特に高齢者の自立を促進するための機器の開発研究を行う。本年度は各テーマについて実用化を目指した試作評価を中心として研究を遂行する。

(1)移動介助用ロボットアーム（土肥）：

在宅において使用することを目的とし、屋内で起立と着席・歩行を支援するロボットアームの開発を行う。本年度は、天井走行レールの多目的利用を目的に、汎用的なレール走行機構部分と、作業に応じて交換可能なアーム部分とに分けて設計、試作し、試用評価を行う。

(2)段差昇降電動車いす(原):200mmの段差を安全に昇降可能とするため段差昇降機構の改良・軽量化を行う。本年度は、搭乗者の不安感をなくすため、座面を水平に維持したまま段差昇降を行い、通常時は収納されて移乗の邪魔にならない新しい実用的な機構の試作と評価を行う。

(3)移乗・移動自立支援装置(数藤):移乗・移動の自立に関する課題として、重度高齢障害者のベッドから車いすへの移乗の際に転落の危険性が極めて高いことが挙げられることから、重度高齢障害者のベッドから車いすへの安全確実な移乗・移動装置を開発する。本年度は油圧ブレーキを利用した機構について、実用化のための改良を行う。

(4)高齢者用超軽量携帯用手押し車いす(田中):旅行携帯機能を重視した超軽量・コンパクトな車いすの実用化設計・試作を行う。また旅行時に要求の高いポータブルトイレ機能の負荷について検討する。

C. 研究結果

(1)移動介助用ロボットアーム(土肥):屋内での移動を支援するロボットアームとして、日本家屋内の段差などに影響されず確実に目的地に到達できるよう、天

井走行方式を採用している。このレールの導入には家屋改造などコストがかかるため、いったん導入したレールを最大限に活用すべく、汎用的な機構部分と交換可能なアーム部分とにわけた。機構部分はレール走行、アームの上下動と回転をすべて動力化し、遠隔操作で動作させる機構を開発した。交換可能なアームとしては、移動介助に用いるものと、食事搬送用のトレイの2タイプを試作した。試用評価から、高齢者の身体能力の変化に応じてアームを交換することで、システムを長く使えることが明らかにされた。

(2)段差昇降電動車いす(原):道路の200mmの段差に対応するために、市販の電動車いすを基に段差昇降機構を開発している。前輪の昇降については、使用時に前方に伸び、車いす前部を押し上げる機構を油圧ポンプによって実現した。後輪は、インダクションモータとリニアガイドにより車いす後部を持ち上げる機構を考案した。車いすを水平に持ち上げると、後輪が路面から離れ、そのままでは移動できないため、車いす本体の後輪の動作に連結して段差時車輪が回転する。また移乗の容易化のため、座面を前方に移動させる機構も付加した。実験機で200mmの段差昇降動作を確認した。

(3)移乗・移動自立支援装置(数藤):重度高齢障害者のベッドから車いすへの移乗の際の転落の原因がブレーキのかけ忘れによる車いすの不用意な動きであることから、車いすから立ち上がる際に確実にブレーキのかかる機構を設計開発する。本年度は、これまで試作された油圧ブレーキ機構の問題点を解決するため、新し

い弁を開発し、油圧モータを小型化した。油圧経路を短縮したことで、非常に小さな操作力で、30kg と十分な制動力を発揮できる機構を実現できた。

(4)高齢者用超軽量携帯用手押し車いす (田中)：旅行などの長距離の移動に利用できる携帯用車いすの実現のため、5kg 以下の軽量化を目指して設計している。昨年度までの強度不足という問題を解決するため、フレーム構造を改良し、前方フレームを1本から3本に増やして強度を高めた。また車輪をチューブレスタイヤからソリッドタイヤに替え、空気圧管理の手間をなくした。また旅行先での携帯トイレとしての活用のため、クッション部分を交換する方式を採用し、必要量の吸水シートを入れるようにした。

D. 考察

本研究では重度の高齢障害者から軽い不自由を抱える高齢者までの、屋内から屋外までの移動を対象としており、高齢者の移乗・移動支援機器開発としては広い対象をカバーしているため実用性の高い研究成果が得られると考えられる。以下、個々のテーマについて考察を述べる。

(1)移動介助用ロボットアーム：アーム部分のみを作業に応じて交換することで、身体能力低下が軽い場合には移動介助を、能力が低下して寝たきりに近くなった場合には食事搬送と、天井走行レールシステムを能力低下の各段階にあわせて利用できるものとできた。これにより導入コストのかかる天井走行レールシステムを、最大限有効に活用できる方法が確立された。実用化に向けて、さらに遠隔操作シ

ステムの開発と、実用的なユーザインタフェースの検討が必要である。

(2)段差昇降電動車いす：考案した段差昇降方式により、確実な段差昇降が可能となった。特に座面を水平に保ったままで段差昇降できる点は、非常に優れていた。しかし車いす全体の重量が、フレームの強化などにより100kgを超えてしまい、実用化に当たっては軽量化の工夫が必要である。

(3)移乗・移動自立支援装置：試作した機構により、十分な小型軽量化が実現できた。この応用として、機構を半開にしてブレーキ力を調節することで、下り坂における暴走防止の制動としても利用できる。これは従来の車いす用ブレーキにはなかった新しい機能である。

(4)高齢者用超軽量携帯用手押し車いす：試作機の重量は5.9kgと目標よりも若干重い。市販の折り畳み車いすの約8kgに比べれば約3/4に軽量化できた。折りたたんだ形も非常にコンパクトで、車載や携帯に非常に優れたものができた。

E. 結論

高齢者の日常生活における移乗・移動支援機器の開発として、(1)移動介助用ロボットアーム、(2)段差昇降電動車いす、(3)移乗・移動自立支援装置、(4)高齢者用超軽量携帯用手押し車いす、について具体的なニーズに基づき、実用化に向けた設計および試作評価を行った。各々について実現された性能と、実用化のための課題点が明確になった。

移動介助用ロボットアーム

土肥 健純 (東京大学工学系研究科教授)

本研究では在宅で高齢者の移動を支援するロボットアームを開発する。日本家屋で使用するため天井走行を採用し、剛性の高いアーム構造で高齢者の身体を確実に支持する。高齢者はアームに括まり体重の一部を支えることで残存能力を活用できる。本年度は天井走行レールの有効活用を目指してアーム本体の多機能化を検討し、屋内搬送と共用できるような機構を設計し、試作評価を行った。
キーワード：福祉ロボット、歩行補助、自立支援

A. 研究目的

移動は日常生活の中でも重要な活動であり、これが在宅で自立できることで高齢者のQOL(生活の質)は大きく向上する。この移動を支援するために現状で用いられている機器・用具としては杖、歩行器、車いす、リフトなどがあるが、一般の日本家屋では段差が多く通路も入り組んでいるなどのために使いにくい場合が多い。そこで本研究では高齢者が在宅で有効に利用できる自立支援機器として、移動介助用ロボットアームの開発を目的としている。

B. 研究方式

移動支援においては、まず残存する身体能力の有効活用を考慮する必要がある。本研究では支えられれば歩ける程度の高齢者を対象としている。この場合、杖よりも確実に姿勢を保持できる歩行器が有効だが、個々の高齢者の状況にあったものが少なく¹⁾、特に床面を走行する方式を用いているために、段差が多く通路が狭い一般家屋内では有効に利用できていない場合が多い。そこで本研究では天井走行を利用することで、段差の多い家屋

内でも確実に目的地まで到達できるシステムの実現を目指しており、剛性の高いアーム機構で高齢者の身体を支持する移動介助用ロボットアームを開発している。

ここで、一般家屋に天井走行レールを導入するには、家屋の改造が必要になる場合もあり、物理的にも経済的にも比較的大きなコストが要求される。したがって、せつかく導入した天井走行レールを、最大限に活用するようなシステムとしなければならない。

そこで、本年度は、天井走行レール部分を、移動介助だけでなく、屋内の搬送など多目的に利用可能とすることで、天井走行レールの導入コストに見合うだけのメリットを、高齢者に提供することとした。

具体的には、天井走行ロボットアームを、可能な限り汎用化し、移動介助や食事搬送など個々のタスクに特化して最低限必要な部分のみを交換するデザインを検討した。

共通化する部分としては、天井レールに沿っての走行、アーム部分の回転と上下動とした。そして個々のタスクに特化した交換アーム部分の開発については、移動介助用と食事搬送用の2タイプを用いることとした。

以上にもとづく実験機を設計・試作し、高齢者用モデルハウスにて試用評価を行い、考案した機構の有効性を検討した。

C. 研究結果

汎用化されたロボットアームについては、さまざまな用途に用いられることから、すべての自由度を動力化し、制御用パソコンより、遠隔動作されるものとした。汎用部分に要求される機能として、レール走行とアーム部分の上下動および軸周りの回転がある。このうち、走行と上下動については、これまで開発してきたロボットアームにおいてACサーボモータにより動力化されていたが、回転については、電磁ブレーキによるロック機構のみであった。すなわち、移動中の回転時には、ブレーキをはずしてユーザが自分の足でゆっくりと向きを変えていた。

しかし、移動介助だけでなく食事搬送にも用いるためには、回転動作についても動力化しなくてはならない。本年度は、これまでのレール走行、上下動に加えて回転までも行う機構部分を新たに開発した。

ここで、家屋内で有効に活用されるためには、機構部分は重量、大きさの点でなるべくコンパクトでなくてはならない。本研究では、既存の天井走行リフトの走行部分本体をベースに、天井レール走行、アーム上下動および回転をそれぞれに行うモータを3台搭載した機構を設計した。図1に機構部分の概略図を示す。

走行用モータは、ベルトによりレール走行ローラに連結されており、レールに沿って適度なトルク伝達で走行することができる。過大な力がかかっても、ローラの滑りにより力が逃げるため、比較的安全な構造である。

上下動用のモータは、かさ歯歯車を介してボールネジを回転させ、アーム部分を上下に動かすことができる。ボールネジを用いたため、垂直方向の荷重がモータには伝わらず、ユーザの体重を確実に支えることができる。

回転用モータは、別のかさ歯歯車によって軸部全体を回転させる。そのため、軸部分は2重構造となっており、回転用モータのみ動かすと、内筒に対して相対的にみて、外筒のみが回転することで、上下動用ボールネジが回転してしまう。そこで、実際に回転動作をさせる際には、上下動用モータと回転用モータを同時に駆動している。

以上による機構部分を、ACサーボモータを用いて試作した。支えるべきユーザの体重については、約80kg、力にして754Nを想定した。レール走行については、オリエンタルモータ社製KXP-230GD-ABZ/2GD30Kを用いた。最大100mm/secで、レールに沿って走行することができる。

上下動については、オリエンタルモータ社製KXP-460GD-ABZ/4GD30Kを用いた。最大20mm/secでアーム部分を上下動させることができる。なお、上下動のストロークは600mmである。

回転動作には、オリエンタルモータ社製KXP-460GD-ABZ/4GD5Kを利用した。回転の最大速度は、30度/secとかなり高速に設定した。

以上により製作した機構部分を、図2に示す。大きさは550×260×300mm、重量は19.5kgとなった。

次に、移動介助用の身体支持アーム部分について説明する。支持アームは、ユーザがさまざまな形でつかまれるように、図3に示す

ような形状とした。ユーザは手でつかまったり、ひじや脇の下で支えられたりと、身体状況に合わせて最適な形で支持され、効果的に体重を免荷されることができる。製作したアームは、500×500×400mm、重さ8.0kgとなった。

最後に、食事搬送用アームとしての利用を図4に示す。移動介助用の支持アーム部分を、食事を乗せるトレイに交換したことで、戸棚などから必要な物品を、ユーザのベッドサイドまで運ぶことができる。また、精神面への影響を考慮し、テレビ電話システムもとりつけた。モニタに映し出された遠隔の介護者と会話しながら利用することで、ロボット機器使用に関する心理的抵抗感をなくすとともに、コミュニケーションの機会を提供することで物理面だけでなく、精神的な面からも高齢者をサポートできることが期待される。

試作した機構部分と移動介助用アーム部分とを組み合わせ、国立身体障害者リハビリテーションセンター内の高齢者用モデルハウスにて試用実験を行った。天井走行レールの導入については、ステンレスの梁(100mm×100mm×3500mm)を組み合わせ、やぐら(3200mm×1300mm×2300mm)を作り、実験用レールを取り付けた。レール上面の高さは床から2100mmである。

20代健常男性を被験者として、移動介助の動作実験を行った。図5に歩行移動を介助している際の、図6に起立動作を介助している際の様子を示す。試用では、各々の介助動作を安全かつ確実にこなすことを確認した。

起立および着席動作を介助している際に、被験者人体とロボットアームの動き、いすとロボットアームにかかる力の4つを計測した。

結果を図7、8に示す。

ロボットアームの上下の動作に追従して、被験者の腰の高さが変化しているが、特に、動作終了近くに大きく変化している。また、荷重については、起立の開始時と、着席の終了時に、いすによる支持とロボットアームによる支持が急激に交代している。起立および着席は、座位と立位の2つの定常状態の間での過渡的な現象であるが、試作した移動介助ロボットアームは、その変化の過程を通じて、被験者身体を適切に支持していたことがわかる。

D. 考察

本年度は、汎用化された天井走行部分と、タスクにあわせて交換可能なアーム部分とにわけた設計を行った。実際に用いる際には、どのような状況でこれらを交換するかが課題となる。

本ロボットアームでは、日常での個々の介助作業のたびにとりかえるのではなく、高齢者の身体状況の変化によって交換するのが最適であると考えられる。すなわち、身体能力の低下が軽い場合には、移動介助ロボットアームとして、支えられながら自分の足で動くために用いる。能力低下がすすみ、支えられても歩行移動が困難となった場合には、アーム部分を取りかえて食事搬送などに用いるという使い方で、同じ天井走行レールを、高齢者の身体状況変化にあわせて長く使いつづけられるようにするのである。これにより、従来の福祉機器で指摘されていた「体の状態が変化すると使えない」という問題に対処できることになる。今後の福祉機器は、このように高齢者の状態にできるだけ柔軟にあわせていく工夫が必要となると考えられる。

実用化にむけての課題としては、ロボットアームの遠隔制御装置の開発と、高齢者や介護者にも使いやすいユーザインタフェースの実現が挙げられる。

E. 結論

高齢者の在宅自立生活の支援のための、天井走行方式による移動介助用ロボットアームの開発として、食事搬送など多目的に応用可能な汎用の天井走行部分と、個々のタスクに特化した交換可能なアーム部分とに分けて設計、試作した。実験機を試作し、高齢者用モデルハウスにて、歩行移動、起立、着席の基本的な動作の介助について試用評価を行った。その結果、本年度に考案した、汎用的な機構部分と、タスクに特化して交換可能なアーム部分にわたっての設計により、コストの大きな天井走行レール導入に見合うだけの利用価値を提供可能となることが明らかとなった。

G. 研究発表

1. 学会発表

- ①鈴木尚人、正宗賢、鈴木真、佐久間一郎、土肥健純、高齢者の移動介助用及び日常生活必需品搬送用ロボットアームの研究、第14回ライフサポート学会大会講演予稿集、p. 53、1998
- ②鈴木尚人、正宗賢、佐久間一郎、土肥健純、鈴木真、三井和幸、季林紅寝たきり高齢者用日常生活必需品搬送システムの研究、1999年度精密工学会春季大会学術講演会論文集、p. 596、1999

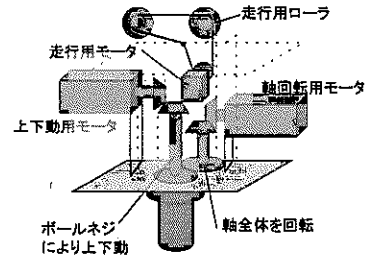


図1. ロボットアーム機構部分の概略

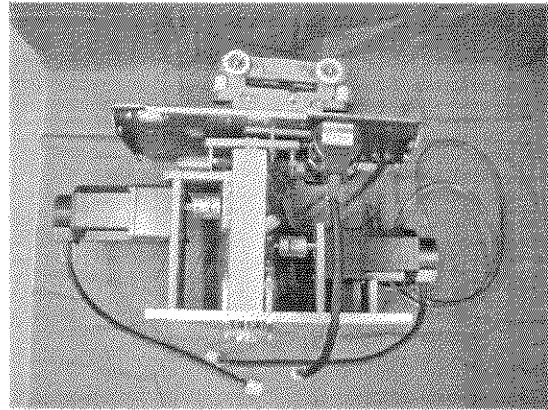


図2. 試作した機構部分

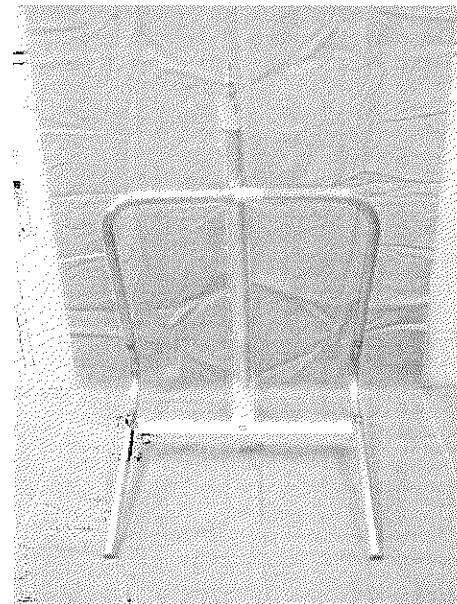


図3. 試作した移動介助用アーム部分

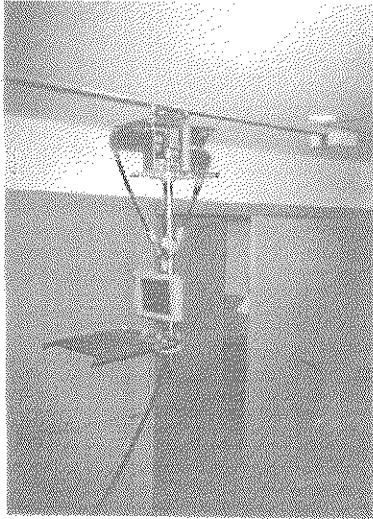


図 4. 食事搬送用アームへの交換



図 5. 歩行移動の介助

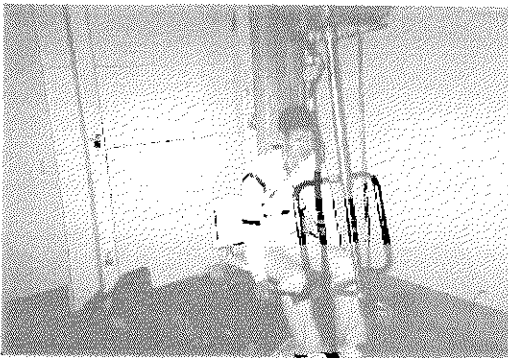


図 6. 起立動作の介助

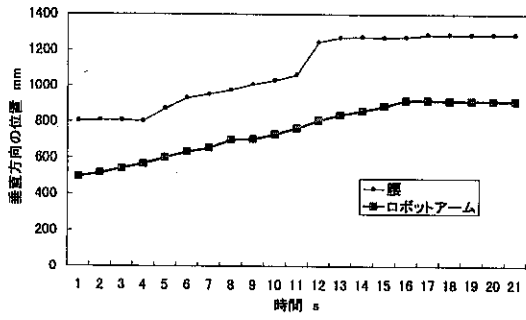
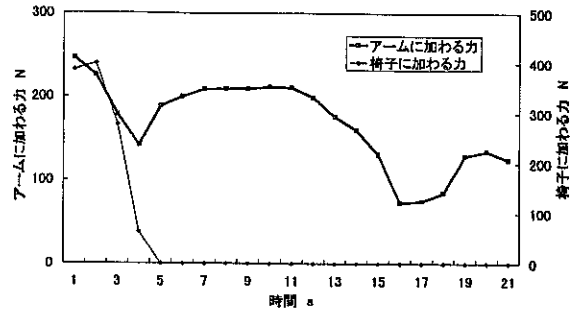


図 7. 起立動作介助時の計測結果

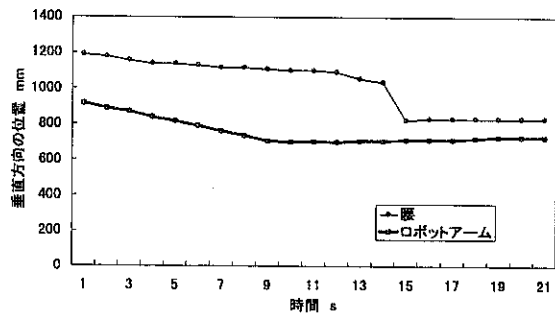
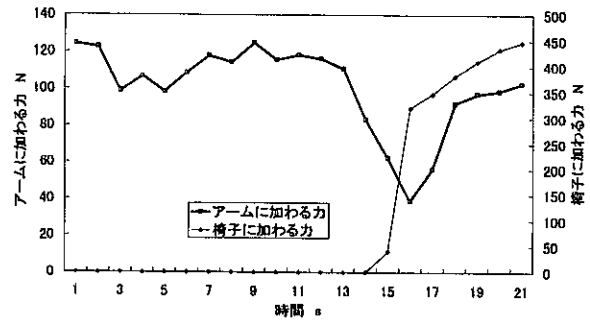


図 8 着席動作介助時の計測結果

東京大学大学院工学系研究科

○鈴木尚人, 正宗賢, 佐久間一郎, 土肥健純

東京電機大学超電導応用研究所 鈴木真

東京電機大学工学部 三井和幸

北京清華大学 季林紅

1. 背景

高齢者の在宅自立支援は日本の社会の高齢化に伴い、必要不可欠なものとなっている。そこで我々は高齢者の重要な生活活動の一つである移動を支援するために移動介助用ロボットアームを開発してきた⁽¹⁾。このロボットアームは、従来使用されてきた歩行器等と異なる方式として、天井を走行させる方式を用いている。これは段差が多く入り組んだ形をしている日本家屋に有効である。しかし、天井にレールを取り付けると家屋の改築が必要となり、コストがかかる。そこでレール導入のコストに見合わせるために移動に限らず生活全般を支援出来るようにする必要がある。

例えば身体機能の低下に伴い寝たきりとなった場合には、生活用品を運んできてもらうことも必要となる。そこで天井走行ロボットアームの機能拡張の1つとして日常生活必需品を搬送するシステムを考えた。この搬送システムは全部を新たに作ることをせず、可能な限り移動介助ロボットアームと共有化する。この共有するという設計上の限界から、あまり多機能化することが出来ない。そのため収納庫の扉の開閉、トレイの取り出し等、搬送のみに必要な動作はアーム本体ではなく、周辺機器で行わせることを考えた。

また、単なる搬送システムでは高齢者は心理的に受け入れにくい。興味をひき使用意欲を引き出すような工夫が必要である。そのために他者とコミュニケーションを取ることが出来るテレビ電話を採用する。

2. 目的

寝たきり高齢者用日常生活必需品搬送システムを開発するために以下を行う。

- (1) 冷蔵庫を対象とした自動開閉機構と移動機構の開発
- (2) テレビ電話システム使用の検討

3. システム構成

システム構成を図1に示す。システムは搬送用ロボットアーム、テレビ電話システム、自動化された家電製品から成る。高齢者はロボットアームによって自分の望み通りに冷蔵庫内の食品を手にすることが出来る。冷蔵庫は周辺機器として自動化され、扉を開閉して食品トレイを必要に応じてロボットの把持し易い位置に移動する。また、テレビ電話システムを用いた外部とのコミュニケーションにより、遠隔の介護者との対話、VRによる仮想人物とのインタラクション、ロボットアームの遠隔操作や緊急時の通報が可能となる。

図2に扉開閉機構を図3に上下動機構を示す。

開閉機構は冷蔵庫の特性を考え、送りネジを利用した直動システム

を用いて、てこの原理により開き始めに力が多くかかる設計とした。上下動機構はタイミングベルトを利用し、図3の様にトレイを上から順番にロボットアームに受け渡す機構とする。最上段に持ち上げられたトレイは、送り出し機構によって、冷蔵庫の外側に送り出される。

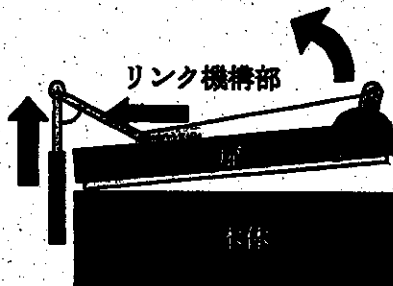


図2 冷蔵庫の開閉機構

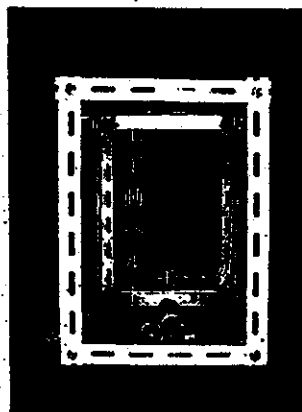


図3 上下動機構

インターネットTV電話は米 White Pine Software 社の Enhanced CU-SeeMe Windows Version 2.0.1 を採用した⁽²⁾。また、ロボットアームの遠隔操作には JAVA を用いて行った。遠隔操作の遅れ時間は測定回数10回で平均 1431.0 (ms)、分散 987.8 (ms²) であった。

まとめ

天井走行型ロボットアームと周辺機器を組み合わせた日常生活用搬送システムを開発した。今後は高齢者用モデルハウス等で評価を進めていく。

参考文献

- 1) 鈴木真他：天井走行型ロボットアームによる高齢者の自立移動支援システムの研究(第1報)、精密工学会誌, pp116-120, Vol.65, No.1, 1999
- 2) 波多伸彦他：ネットワークコンピュータ言語 JAVA™を用いた医療福祉機器の遠隔保守・管理・操作, 1998年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p599, 1998

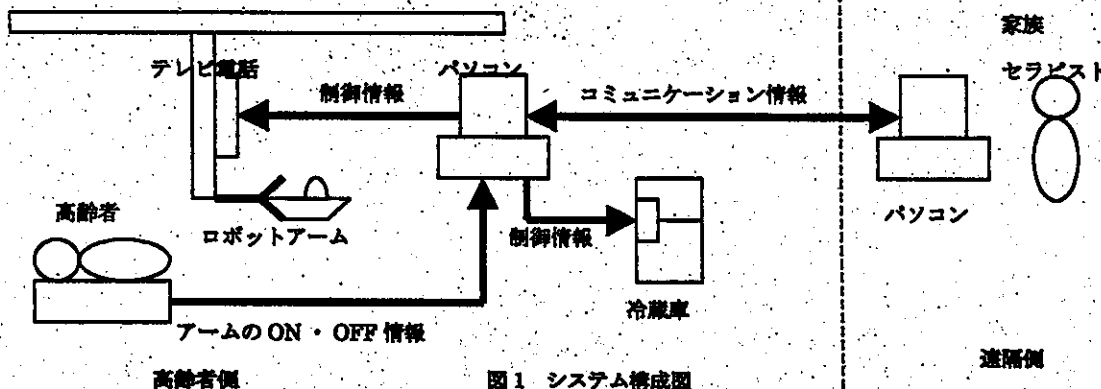


図1 システム構成図

Research of a Robot Arm Assisting Motion of Elderly and Carrying Daily Necessities

○鈴木尚人, 正宗賢, 鈴木真*, 佐久間一郎, 土肥健純

東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻

*東京電機大学超電導応用研究所

Naoto Suzuki, Ken Masamune, *Makoto Suzuki, Ichiro Sakuma, and Takeyoshi Dohi

Department of Precision Machinery Engineering, The University of Tokyo

*Applied Superconductivity Research Laboratory, Tokyo Denki University

はじめに

高齢者の在宅自立支援は日本の社会の高齢化に伴い、必要不可欠なものとなっている。そこで我々は移動用ロボットアーム⁽¹⁾を高齢者の重要な生活活動の一つである移動を支援するために開発してきた。このロボットアームは、段差が多く入り組んだ形をしている日本家屋に適合させる必要がある。そのため従来使用されてきた歩行器等と異なる方式として、天井を走行させる方式を用いている。天井にレールを取り付けると家屋の改築が必要となるが、最近では槽を組む簡易設置方式も用いられている。このロボットアームは高齢者の体を包み込むように支え、高齢者の移動に合わせて作動させるために、力センサにより移動時の力を検出して制御される。開発された天井走行式移動介助用ロボットアームの有効性を示すために、アームを使用して移動する際の被験者の運動解析を行った。起立、歩行、旋回、着席の一連の移動動作の内、高齢者の足に大きな負担がかかる起立、着席の動作を対象とした。

また、より広く生活全般を支援するため、搬送システムとしての機能拡張について検討した。

システム構成

本システムは駆動部、上下動機構部、力センサ・速度制御部、身体支持部から構成されている。

(1) 駆動部

歩行、起立、着席動作の補助に要求される物理的機能であり、ACサーボモータにより行う。

(2) 上下動機構部

使用者の左右方向にそれぞれボールねじを設置することによって行う。これにより、使用者の前方の位置を速くすることがなく、またシステムの回転中心位置と使用者の位置がほぼ一致するため、違和感の少ない方向転換が可能である。

(3) 力センサ・速度制御部

使用者によって身体支持部に加えられている前後、左右、垂直方向の荷重値をひずみゲージを用いた力センサにより計測する。また、速度制御部(パーソナルコンピュータ)はこの荷重値の変化を使用者の歩行意図と確認し、モータを駆動する。

(4) 身体支持部

使用者の前方からシステムの装着を行うために、身体支持部の後方が開閉する機構にした。

搬送システムとしての機能拡張

ロボットアームの発展形として、寝たきり高齢者が在宅で生活可能となるシステムを考える。寝たきり高齢者が生

活に必要な事は食事等をベットまで運んできてもらう事である。そこでこのロボットアームに日常生活必需品を搬送するシステムを加える。そのためにはロボットアームが食事等を把持するための搬送用トレイ、食事等を貯蔵している冷蔵庫などの戸の開閉機能、高齢者のコミュニケーション手段としてテレビ電話システムの付加等が考えられる。

起立、着席の支援動作の評価実験

高齢者の移動介助用ロボットアームの評価として20才代の健康な被験者5人を対象とする。アームの制御曲線を様々に変化させ、身体支持部によって支持された起立、着席の動作を行わせた際の床反力と身体支持部に加わる力を測定する。また、被験者の体の各部位にマーカを取り付けて2次元計測装置により動作変化を測定する。その結果をもとに、最適なアームの制御曲線について考察する。

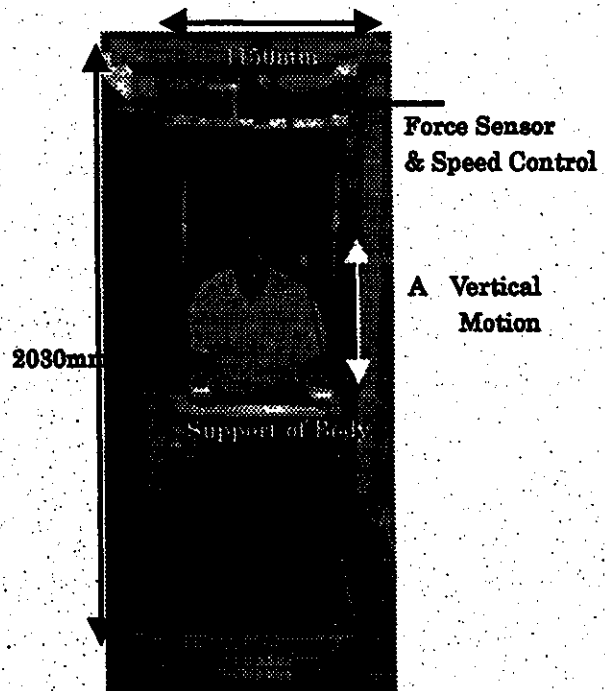


Fig.1 Experimental Configuration

結論

- [1] 最適なアームの制御曲線について考察した。
- [2] 搬送システムの機能拡張を検討した。

参考文献

- (1) 鈴木裕介他: "高齢者・障害者のための屋内移動支援システムの開発(第6報)", 1997年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, p461-462, 1997

段差昇降電動車椅子の試作機に関する研究 —座面水平保持可能な段差昇降機構の構築—

原 徹 也 (東京都リハビリテーション病院 院長)

吉 村 茂 和 (東京都リハビリテーション病院 理学療法科 科長)

相 馬 正 之、須 川 洋、和 田 三 樹 也、林 泰 史

本年度は、電動車椅子に取付ける段差昇降機構を大幅に見直して改良することである。段差昇降機構では、電動車椅子の座面を水平な状態に操作することができ、200mmの段差昇降を可能とする機構を製作すること。さらに、電動車椅子への移乗や移乗介助の軽減を図るため、座面を前方に移動させる機構を構築することである。その結果、人間が乗車した状態で電動車椅子の座面を水平に保つように操作して200mmの段差昇降が可能となり、段差昇降時の恐怖心を緩和させることができた。また、電動モータを使用して座面を200mm前方に移動させることが可能となり、移乗や移乗介助が軽減できることを確認した。

キーワード: 電動車椅子、段差昇降機構、電動モータ、座面移動

A. 研究目的

電動車椅子は、四肢麻痺、進行性麻痺に罹患している障害者において、屋内・屋外移動用に使用されている¹⁾。しかし、屋外移動では、100～200mmの段差を乗り越えることが出来ないため、行動範囲が制約されるという声も聞かれる。

JIS規格²⁾による電動車椅子の段差乗越えの高さは25mmであり、市販化モデルの電動車椅子で段差乗り越え高さを計測したところ、50～60mm以下の段差であれば昇降可能であった。しかし、電動車椅子を使用して屋外を移動する際、車道と歩道の段差は180～200mmもあるのを始め、60mm以上の段差はあらゆる所に存在し、電動車椅子を用いる障害者の行動範囲に支障をきたしていることが裏付けられた。このようなことから、200mm程度の段差昇降が可能となれば、電動車椅子使用者の屋外移動での行動範囲拡大が図れると考えられた。

また、今日的な問題である高齢社会において、高齢・病弱である介護者が、障害者を乗せて標準型介護車椅子を押して屋外移動を行わなければならないことも多い。そのため、段差を登れないなど標準型介護車椅子の操作に難渋する介護者も見受けられる。高齢病弱な介護者が前述の問題などから、介護用の電動車椅子に変更して使用する際³⁾にも、

段差昇降機構付き電動車椅子は有用であると考えられる。

筆者らは、これまで障害者が使用している市販化モデルの電動車椅子を200mm程度の段差昇降が可能となるように段差昇降機構を開発してきた。開発した段差昇降機構は、電動油圧ポンプを用いた方法およびなすび型の仮想タイヤを回転させるクランク機構を利用した2種類である。その結果は、電動油圧ポンプを用いた方法では人が乗車して200mmの段差昇降が可能であり、仮想タイヤ方式では人が乗車しない状態で段差昇降が可能であることが認められた。また、段を降りる際に電動車椅子が床に接触して生じる衝撃を吸収するショックアブソーバ機構も開発したが、電動車椅子が受ける衝撃を幾分減少させる程度に留まっていた。

これまで開発した段差昇降付き電動車椅子に試乗した障害者や健常人から、①段差昇降時に電動車椅子の座面が傾斜するため恐怖心がある、②前輪持ち上げ機構のアームが電動車椅子の前方に突き出ているため移乗ができにくい、電動車椅子の機動性が低下、③これまでのショックアブソーバ機構では段を降りる際の衝撃を十分吸収していないなどの声も聞かれ問題が残っていた。

そこで本年度の研究事業では、電動車椅子の段差昇降機構の全面的な見直しを試み、新規格の段差昇降機構などを開発することにした。

B. 研究方法

本年度の研究方法は、電動車椅子が段を昇る場合図1のごとく電動車椅子の座面を水平に上げたまま、後輪を回転させることで後輪段差昇降機構の車輪が回転し電動車椅子を前進させて段を昇る。段を下りる場合は、前輪段差昇降機構により前輪を段上で浮かせて電動車椅子を前進させ、後輪が段から外れた時に後輪用段差昇降機構によりゆっくり下降し段を降りる機構を構築する。さらに、電動車椅子の座面をスイッチ操作で200mm前方に移動する機構を構築する。それらの機構が十分機能するか動作能力を確認することである。

1. 電動車椅子

電動車椅子は、走行性・旋回性に優れている後輪直接駆動方式(ウイングチエア、EMC-210型、今仙技術研究所社製)を用いた。

2. 前輪昇降機構

使用器具は、電動油圧ポンプ(ミニモーションパッケージMMP-22-A200AA-2 カヤバ工業(株))、レバーシブルモータ(OR KIGN-A オリエンタルモータ(株))、ギャヘッド(OGN7SK オリエンタルモータ(株))および新開発した伸縮アーム(以下、アーム)である。アームの先端には外径50mmの車輪を取付けてある。

3. 後輪昇降機構

使用器具は、インダクションモータ(出力90W5RK90GU、AMF、オリエンタルモータ(株))、直動軸リニアヘッド(5LF20U-700、オリエンタルモータ(株))、二本のリニアガイド(LY25FL、日本製鋼(株))および機構の下端には外径50mmの車輪が取付けてある。図2は新開発した段差

昇降機構付き電動車椅子の全体像である。背面に後輪段昇降機構が見える。

4.200mmの段を上る機構について(図3~6)

スイッチを操作してレバーシプルモータによりアームを前方に100mm伸ばすと同時にアームを上げ、段上にアーム先の車輪を乗せて電動車椅子の前輪を浮かせる。その際後輪段昇降機構のスイッチを操作して200mm持ち上げて電動車椅子の座面を水平に保つ。電動車椅子の後輪を前進回転させることでローラーが回転する。その回転をチェーンを介して後輪段昇降機構下端の車輪を回転させて、電動車椅子が前進し、段上に電動車椅子全体が乗る。

5.200mmの段を降りる機構について(図7~11)

電動車椅子が段差の角まできたら、アームを伸ばして下げる。アーム先端の車輪を段下の床面に接地させ、段上の電動車椅子の前輪を浮かせて、後輪段昇降機構を段上の床面まで下げる。電動車椅子の後輪を前進回転させることで電動車椅子が前進し、電動車椅子の後輪が段の角から出たら、電動車椅子を後輪段昇降機構で支え、アームと後輪段昇降機構を上げて電動車椅子全体を下げる。それと同時に電動車椅子の座面を水平になるようにスイッチを操作して電動車椅子の前・後輪を床面に降ろす。

6.座面の前方移動の機構について(図12)

使用器具は、スライドバック(2FBW50

110H+450L THK(株))、レバーシプルモータ(2RK6GN-A オリエンタルモータ(株))、ギアヘッド(2GN36K オリエンタルモータ(株))、ラック(SR1-500 KHK(株))および平歯車(SS1-20 KHK(株))である。モータの回転を平歯車によりラックに伝えて電動車椅子の座面を200mm前方に移動させる。

7.その他

アームの伸縮・後輪段昇降機構・座面移動における3種類のモータの電源は、電動車椅子の駆動用バッテリーの12V直流をDC/ADインバータを用いて100V交流に変換して使用した。

電動車椅子の前面、中央、後面のフレームなどを部分的に補強した。

新開発の伸縮アームは、引っ込めて収納することができ、伸ばすとロックがかかる機構になっている(図13)。

電動車椅子の座面を200mm上げて水平状態で、アーム先端の車輪と後輪段昇降機構の車輪で自走させることができる(図14)。

C. 段昇降機構と動作確認結果

1.重量と形状について

段昇降機構付き電動車椅子の全重量は129.6kgで、前輪と後輪段昇降機構の重量は47.6kgであった。但し、この重量には電動車椅子の座面を移動させる装置やフレームを補強した重さも含まれている。

前輪の段昇降機構では、伸縮アーム先端の車輪がフットプレートから約50mm前方に出ているが、全体的な機構は座面下に収納されている。

後輪の段差昇降機構は、電動車椅子を持ち上げる直動軸リニアヘッドのマルラックが背面中央部、両側にリニアガイドが垂直に背当てとほぼ同一の高さとなっている。リニアガイドの両下端に小型の車輪が取付けてある。車輪は電動車椅子の後輪の内側で、後輪の70mm後方に出ている。

2.200mmの段差昇降における動作確認
200mmの段差では、スイッチ操作により電動車椅子の座面は水平を保ったまま人が乗車した状態で段差昇降が可能であった。段を降りる方法は、後輪が段より前方にきた時、後輪段差昇降機構が電動車椅子を支えて、徐々に電動車椅子を降ろすので衝撃はない。

段を昇りまたは降り終わるまでの時間は、数回の練習後20～30秒程度で可能となった。

3. 座面の前方移動における動作確認

電動車椅子の座面を前方に移動させる装置は座面下に収められている。

スイッチ操作により座面が200mm前方に移動し、介助移乗が楽になっていた。

D. 考察

本年度の研究事業では、新規の段差昇降機構を開発することである。開発内容は、200mmの段差昇降可能が前提条件として、段差昇降中における電動車椅子の座面を水平に保つ、前輪持ち上げ用のアームをフットプレートから出さない、段を降りる際の衝撃をなくする、座面を200mm前方に移動させることである。

新しく開発した段差昇降機構は、人が乗車した状態で200mmの段差昇降が可能であり、スイッチ操作により電動車椅子の座面は水平を保つことが可能となり、乗車者の恐怖心を非常に緩和させることができた。

段差昇降機構のスイッチは、アームの前後操作、アームの上下操作および後輪段差昇降機構の上下操作の3種類である。スイッチはセレクタースイッチで、左右に回すと一方向に動き、逆に回すと逆の動きとなる。スイッチはつまみ動作と回旋動作が必要なため、手指・前腕の機能障害がある障害者ではやや使いにくいことが考えられ、今後改良の余地があった。さらに3種類、主に2種類のスイッチを操作することで電動車椅子の座面を水平に保つことができるが、操作に戸惑いを示す場合もあった。マイコンなどを用いて、1種類のスイッチ操作で座面を水平に保つ方式が必要と思われる。さらに、障害者によっては、ジョイスティックなど、スイッチを選択できるようにすることも必要なことであろう。

これまでの電動車椅子が段を降りる方法では、後輪が段の角を外れると自然落下方式で電動車椅子が床まで落ちて大きな衝撃があった。そのために電動車椅子にショックアブソーバを取付けて段を降りる際の衝撃を緩和する方法を採用していた。しかし、十分衝撃を吸収するまでに至っておらず、乗車者の恐怖心が消えていなかった。今回の開発した段差昇降機構では、後輪が段の角から外れた際後輪段差昇降機構により電動車椅子を支え、ゆっくり降下させることができる。

そのため電動車椅子の落下の衝撃は認められず非常に好評であった。

段差昇降付き電動車椅子の重量は129.6kgで自走や操作性については問題がなかったが、できるだけ軽い方が良いと思われ軽量化が求められている。

前輪段差昇降機構の形状では、両側フットレスト間にある伸縮アームが、これまでと異なり50mmしか出しておらず、電動車椅子の操作性が著しく向上していた。しかも、アームを伸ばすとロックがかかる二段式伸縮機構を開発し、引っ込めると座面下に収納することができ非常に優れていた。

後輪段差昇降機構の形状では、背当ての後方に3本の垂直に立った棒がやや奇異に感じられる。形状を含め、軽量化ともう少しコンパクトにしなければならないと思われる。しかし、座面を水平に保ったまま段差昇降可能な機能性については優れていることが確認することができた。

座面が200mm前方移動する機構については、移乗を介助する介護人が非常に楽になったことを訴え、この機構は直ちに実用性があると思われた。但し、走行中に座面の移動防止のためのストッパーの設置、スイッチの形状や取付け位置、リモートコントロールの採用など検討の余地もあった。

E. 結論

本年度は、電動車椅子に取付けて、電動車椅子の座面を水平に保ったまま200mmの段差昇降を可能とする段差昇降機構を製作すること。更に、電動車椅子への移乗や移乗介助の軽減を図るた

め、座面を前方に移動させる機構を構築することである。

その結果、人間が乗車して電動車椅子の座面を水平に保ったまま、200mmの段差昇降がスイッチ操作で可能となり、段差昇降時の恐怖心を緩和させることができた。また、電動モータを使用して座面を200mm前方に移動させることが可能となり、移乗や移乗介助が軽減できることを確認した。

今後実用性の面からの検討が求められる。

F. 引用文献

- 1) 山澤清：車いすの使用者からみた車いすの利便性，第8回リハ工カンファレンス講演論文集：275-276，1993.
- 2) 日本工業規格：電動車いす(JIST9203)，日本規格協会，1987.
- 3) 米田郁夫他：介助用電動車いすの開発，第5回リハ工カンファレンス講演論文集：95-98，1990.

G. 研究発表

1. 論文発表

- ① 吉村茂和、林泰史他，段差昇降機構付き電動車椅子の試作と段差昇降試験の結果，理学療法ジャーナル29:567-570，1995.

2. 学会発表

- ② 吉村茂和、林泰史他，段差昇降機構付き電動車椅子，第13回関東甲信越ブロック理学療法士学会，1994.
- ③ 吉村茂和、吉田耕志郎他，段差昇

降・ショックアブソーバ機構付き電動
車椅子, 第15回関東甲信越ブロック
理学療法士学会, 1996.

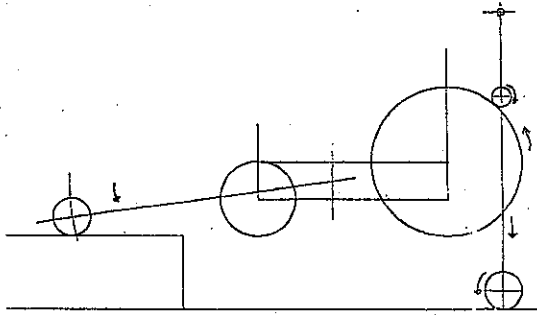


図1. 段を昇る方法の構想図

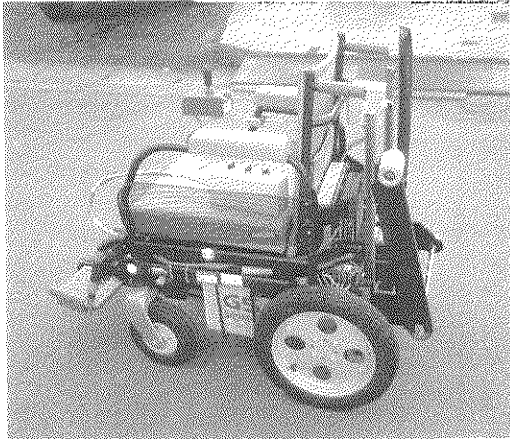


図2. 段差昇降機構付き電動車椅子の
完成写真



図3. 伸縮アームを前方に伸ばしたところ
200mmの段差



図4. 座面を水平の状態の前輪と後輪
を持ち上げる



図5. 電動車椅子の車輪を回転させると
電動車椅子が前進する

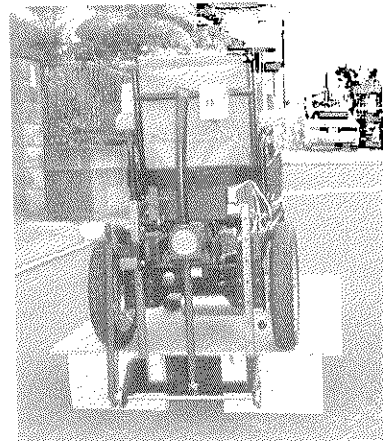


図6. 後輪が段上に上り、電動車椅子の
上りが完了し、後輪段差昇降機構を上
げている



図7. 段を降りる場合、伸縮アームを伸ばして、床につくように下げる

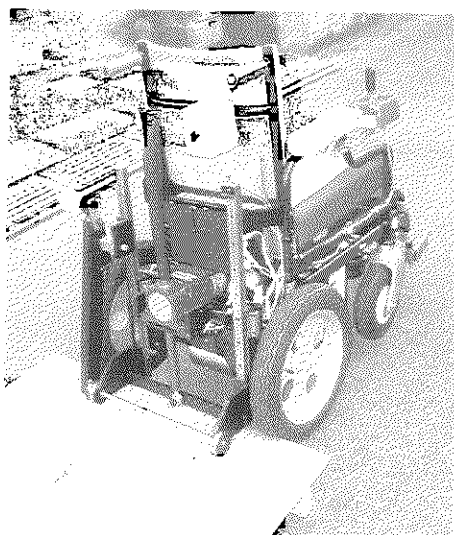


図10. 後輪段差昇降機構が電動車椅子を支えてゆっくり降りている



図8. 後輪が段から外れるようになるまで、電動車椅子を前進させる

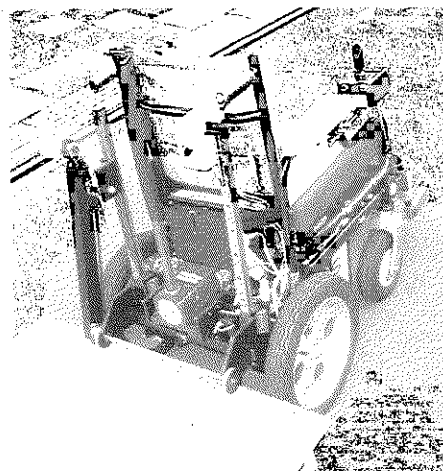


図11. 電動車椅子が段を降り終わった



図9. 後輪が段から外れたら、後輪段差昇降機構が電動車椅子を支える

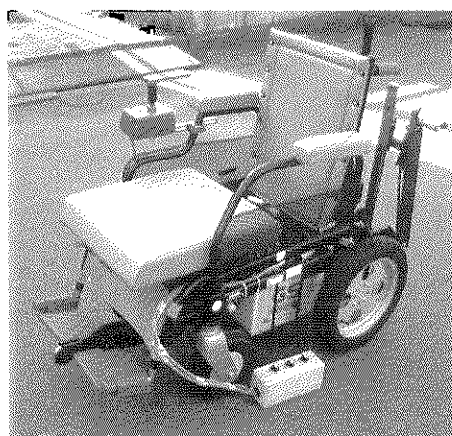


図12. 座面が200mm前方へ移動



図 13. 収納されている伸縮アーム



図 14. 電動車椅子の座面を200mm水平に上げて自走

移乗・移動自立支援装置

分担研究者 数藤 康雄（国立リハセンター研究所福祉機器開発部長）

井上 剛伸（国立リハセンター研究所福祉機器開発部研究員）

歩行に障害のある高齢者が車いすを使用する場合、安全に移乗するためのブレーキ機構は有効な支援装置の一つである。本研究では油圧モータを応用したブレーキ機構の開発を行い、その機構をブレーキかけ忘れ防止装置に組み込んだ車いすの開発を行った。性能評価の結果、少ない操作力で十分なブレーキ力が得られることが確認できた。

キーワード：自立支援装置，車いすブレーキ，転倒，片麻痺

A. 研究目的

脳血管障害による片麻痺等により歩行に障害がある場合、その移動手段として車いすを使用するものは多い。ところが、ベッドやトイレ等と車いすの間で乗り移る移乗動作において転倒する例が多く見られる。国立身体障害者リハビリテーションセンター病院での調査によれば、車いすのブレーキのかけ忘れが、転倒の主な原因の一つとして明らかとなった¹⁾。このような対象者では、ベッドから車いす等への移乗の際に、一度立ち上がって移乗動作を行う。その際、対象者は車いすに健側の手をかけ、車いすにより身体を支えることになる。そこで、車いすのブレーキがはずれているということは、その支えが不慮に動いてしまい、転倒を引き起こすのである。

このような問題に対して、国立身体障

害者リハビリテーションセンター研究所では、車いすのブレーキかけ忘れを防止する装置を提案してきた²⁾。

このようなブレーキ機構の改良を行う場合、軽い操作力で十分な制動力が得られる車いすのブレーキの開発が必要である。そこで、本研究ではこのような新しいブレーキ機構を開発し、片麻痺患者のような車いすを使用する高齢障害者に対し、安全な移乗・移動を実現する車いすを開発することを目的とする。昨年度までに、ブレーキ機構の試作およびそれを組み込んだ車いすの開発を行ってきた。本年度はそこで指摘された問題点を改良するとともに、本ブレーキ機構を組み込んだブレーキかけ忘れ防止装置の開発を行った。

B. 研究方法